

# Effets de relaxation sur les spectres hertziens de résonance magnétique

Autor(en): **Béné, Georges-J. / Extermann, Richard-C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **4 (1951)**

Heft 6

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-739993>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

**Georges-J. Béné et Richard-C. Extermann.** — *Effets de relaxation sur les spectres hertziens de résonance magnétique.*

L'hypothèse a été émise à diverses reprises <sup>1</sup> qu'il devait être possible d'exciter la résonance magnétique au moyen d'ondes ultra-sonores. Un des buts de cette note est d'étudier le mécanisme ainsi que les conditions d'observation d'une telle excitation dans deux cas particulièrement simples, à savoir celui des gaz et celui des solides cristallisés. On sait que l'énergie de translation des molécules d'un gaz peut être transférée aux autres degrés de liberté des molécules (vibration, rotation). Il correspond à ces divers transferts un temps de relaxation propre correspondant à une fréquence qui est de l'ordre du mégacycle pour les rotations. Certaines molécules ont un moment magnétique de rotation et il semble que, dans un champ magnétique, l'énergie de translation puisse être transférée aux niveaux magnétiques de rotation.

Les conditions d'observation de ces transferts seraient les suivantes. Il faut :

- 1° que l'énergie de translation  $kT$  soit de l'ordre de grandeur de la séparation Zeeman, ce qu'on obtiendra par exemple en réglant la température;
- 2° que le temps de relaxation dipolaire soit plus court que le temps de relaxation mécanique, ce qui ne peut être connu que par l'expérience;
- 3° que la fréquence de Larmor de précession des dipôles magnétiques soit inférieure à la fréquence de relaxation acoustique.

Pour une fréquence ultra-sonore donnée (de l'ordre du mégacycle), le champ magnétique sera de quelques Gauss, pour  $O_2$  gazeux, par exemple, et de quelques milliers de Gauss pour  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $OCS...$

<sup>1</sup> En particulier cité par A. Kastler (note non publiée), communication de P. Grivet et M. Soutif.

La fréquence ultra-sonore n'est pas critique, mais le détecteur, dans un dispositif analogue à celui de Bloch <sup>1</sup>, ne donnera une induction qu'à la fréquence de Larmor.

Une expérience préliminaire peut être tentée, à savoir la mesure de l'énergie ultra-sonore absorbée par un gaz placé dans un champ magnétique  $H$ , pour une fréquence inférieure à la fréquence de relaxation acoustique. Si les niveaux de rotation magnétique reçoivent de l'énergie, il y a dans la chaleur spécifique  $C_v$  du gaz soumis au champ  $H$  une composante due aux niveaux magnétiques, donc une absorption plus grande des ultra-sons de basses fréquences.

Dans les solides cristallisés, on n'observera que les transitions entre les niveaux de structure fine, ou de structure hyperfine des électrons.

Précisons que le transfert d'énergie ultra-sonore aux niveaux électroniques n'a jamais été observé, bien qu'un transfert d'énergie entre translation, vibration et niveaux électroniques soit théoriquement possible.

L'application de la théorie de Waller <sup>2</sup> semble particulièrement commode, l'énergie magnétique du système de spins (nucléaires ou électroniques) étant naturellement transférée aux ondes élastiques du réseau. L'application d'ultra-sons à la fréquence de Larmor excitera les processus de premier ordre, qui ne sont ordinairement importants pour les paramagnétiques qu'à des températures inférieures à 1° K. On a plus d'espoir avec les processus Raman où la fréquence de Larmor correspond à la différence de deux fréquences  $\nu_1$  et  $\nu_2$  du réseau — processus important aux températures élevées. Dans ce cas et avec un dispositif analogue à celui des gaz, il faudrait exciter le cristal avec une fréquence  $\nu_0$  et le maximum d'harmoniques, c'est-à-dire avec un signal carré. On peut, par exemple, faire l'expérience préliminaire suivante: Dans un cristal de sel de seignette convenablement taillé, on excite électriquement des vibrations mécaniques à une fréquence  $\nu_0$ . On règle le champ magnétique de telle manière que cette fréquence soit précisément la fréquence de Larmor de précession des protons. On peut alors

<sup>1</sup> F. BLOCH, *Phys. Rev.*, 70, 460, 1946.

<sup>2</sup> I. WALLER, *Z. Phys.*, 79, 370, 1932.

étudier dans un circuit indépendant la résonance nucléaire et l'influence de la vibration de la lame sur la relaxation spin-réseau des protons du cristal.

Il est possible aussi, sans dispositif secondaire, que l'absorption d'énergie par les protons se traduise par un échauffement non négligeable du cristal et par suite, par un déplacement de sa fréquence propre d'oscillation. Une température très basse semble requise pour que ce processus ait un rendement suffisant.

Enfin, l'observation de la résonance magnétique électronique dans des substances pour lesquelles la largeur de la raie d'absorption est très faible permet de prévoir quelques conséquences intéressantes des effets connus de relaxation.

1. On peut balayer le champ statique  $H_0$  avec un champ dont la fréquence soit de l'ordre de grandeur de la fréquence de relaxation spin-réseau.

On doit alors observer les battements caractéristiques de ces conditions dans la résonance magnétique des noyaux.

Le rétrécissement de ces raies d'absorptions par effet d'échange ne doit pas être un obstacle car on sait que la raie de résonance des protons dans l'eau est amincie par un phénomène analogue, ce qui n'empêche pas l'observation des phénomènes transitoires.

2. On peut aussi, dans un champ magnétique de faible intensité, exciter la résonance paramagnétique à une fréquence de Larmor qui corresponde à l'ordre de grandeur du temps de relaxation spin-réseau (ceci est également possible avec les moments nucléaires).

On sait que pour les diélectriques, si la fréquence d'excitation  $\omega$  est de l'ordre de grandeur de la fréquence caractéristique de relaxation  $= \frac{1}{2\pi\tau}$ , la fréquence correspondant au maximum d'absorption  $\omega$  n'est pas exactement la fréquence propre  $\omega_0$  du système mais s'en écarte suivant la relation :

$$\omega_M = \frac{1}{\tau} \sqrt{1 + \omega_0^2 \tau^2}$$

*Université de Genève.  
Institut de Physique.*